

Weiterentwicklung und mögliche Anwendungsbereiche von Erreichbarkeitsanalysen am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf

Fritz, Franziska

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Fritz, F. (2020). Weiterentwicklung und mögliche Anwendungsbereiche von Erreichbarkeitsanalysen am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf. *Stadtforschung und Statistik : Zeitschrift des Verbandes Deutscher Städtestatistiker*, 33(2), 42-53. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-69882-5>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Weiterentwicklung und mögliche Anwendungsbereiche von Erreichbarkeitsanalysen am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf

Die Analyse der Erreichbarkeit bestimmter Orte bzw. Einrichtungen beschreibt eine wichtige Grundlage für die Kommunalplanung. Im vorliegenden Beitrag werden die Vorteile und neuen Möglichkeiten aufgezeigt, die sich in diesem Zusammenhang durch die Nutzung freier Software und offen zugänglicher Daten ergeben. Die Anwendung von OpenStreetMap-Daten sowie der Erweiterung „ORS-Tools“ im Geoinformationssystem QGIS ermöglicht eine sehr realistische Abbildung der fußläufigen Erreichbarkeit bestimmter Punkte. Im Vergleich zum bisher etablierten Ansatz der Bestimmung von Erreichbarkeiten auf Basis von Luftliniendistanzen kann so die tatsächliche Fußwegentfernung berechnet werden. Dies wird anhand der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen für die Stadt Düsseldorf gezeigt.

Franziska Fritz

M. Sc. – Wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen, Abteilung Statistik und Stadtforschung

✉ franziska.fritz@duesseldorf.de

Schlüsselwörter:

Erreichbarkeitsanalyse – Isodistanzen – Open Source – QGIS – OpenStreetMap – Düsseldorf

Einführung

Erreichbarkeitsanalysen liefern wichtige Erkenntnisse für die Stadt- und Verkehrsentwicklung, beispielsweise in der Standort- oder Infrastrukturplanung. Vor allem in der Nahverkehrsplanung bildet die Erreichbarkeit von Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) eine wesentliche Komponente zur Beurteilung der Erschließungsqualität des ÖPNV (vgl. z. B. Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Verkehrsmanagement 2017). Die Zugänglichkeit bzw. Erreichbarkeit von Haltestellen ist ein wesentlicher Faktor nachhaltiger Stadtentwicklung. Insbesondere in einer wachsenden Großstadt wie Düsseldorf mit einer hohen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzzahl und einem hohen Aufkommen an Pendler*innen ist die Erschließungsqualität des ÖPNV von großer Bedeutung, da das Verkehrsaufkommen stetig zunimmt. Die daraus resultierende Verkehrsbelastung stellt ein großes Problem in der Landeshauptstadt dar. Die Ergebnisse der Bürger*innenbefragungen der letzten Jahre verdeutlichen dies. So werden die Verkehrssituation und der hohe Anteil des motorisierten Individualverkehrs („zu viel Straßenverkehr“) als eines der größten Probleme in Düsseldorf erachtet (Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen 2017). Der Pkw ist das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel der Düsseldorfer*innen zur Bewältigung des Arbeitsweges und persönlicher Erledigungen (ebd.).

Die sich durch das wachsende Verkehrsaufkommen ergebenden Folgen einer hohen Lärmbelastung und steigenden Luftverschmutzung lassen sich durch eine Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs mindern. Hierzu ist eine gute Erschließungs- und Bedienungsqualität des ÖPNV-Angebotes unerlässlich. Erschließung beschreibt dabei „die räumliche Verfügbarkeit des ÖPNV über eine Zugangsstelle (z. B. eine Haltestelle im Busverkehr oder einen Bahnhof im Schienenverkehr). Maßgeblich für die Qualität ist die fußläufige Entfernung zur Haltestelle. Mit zunehmender Entfernung zur nächsten Haltestelle wird die Nutzung des dort verkehrenden ÖPNV-Angebotes immer unattraktiver. Neben dem rein körperlichen Aufwand für den Weg zur/von der Haltestelle spielt der Zeitaufwand eine wichtige Rolle. Mit wachsender Fußweglänge steigt die Gesamtreisedauer für eine Fahrt mit dem ÖPNV überproportional an und wird damit nicht mehr konkurrenzfähig.“ (Barwisch et al. 2017). Nur durch attraktive, insbesondere schnelle Alternativen zur Pkw-Nutzung lassen sich demnach mehr Personen zum Umstieg auf den ÖPNV

bewegen. Ein entscheidender Faktor ist dabei die fußläufige Distanz zur nächstgelegenen Haltestelle, da der körperliche und zeitliche Aufwand bei zunehmender fußläufiger Entfernung steigen.

Vor diesem Hintergrund ist eine differenzierte und möglichst genaue Analyse der Haltestellenerreichbarkeit zentral, um den Versorgungsgrad der Bevölkerung mit dem Angebot des ÖPNV beurteilen und geeignete Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung ableiten zu können. Bisher sind in der kommunalen Nahverkehrsplanung Luftliniendistanzen der etablierte Ansatz zur Bestimmung der Erreichbarkeit von Haltestellen (vgl. z. B. Barwisch et al. 2017; Eidam et al. 2017; Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Verkehrsmanagement 2017). Die Einzugsbereiche von Haltestellen beschreiben danach kreisförmige Flächen, deren Radius als „zumutbare Fußwegentfernung“ (Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Verkehrsmanagement 2017) verstanden wird. Diese Interpretation birgt jedoch das Problem, dass der kürzeste entlang des realen Straßen- und Wegenetzes zurückzulegende Fußweg zumeist (erheblich) länger ist als der durch die Luftliniendistanz beschriebene. Zwar wird in einigen dieser auf Luftliniendistanzen basierenden Analysen auch ein Umwegfaktor einbezogen, jedoch lässt auch dessen Hinzunahme keine direkten, sondern nur verallgemeinernde Aussagen über die zur nächsten Haltestelle zurückzulegende Distanz zu.

Das vorliegende Papier leistet einen Beitrag zur Behebung dieser Ungenauigkeiten und Weiterentwicklung von (kommunalen) Erreichbarkeitsanalysen am Beispiel der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen für das Düsseldorfer Stadtgebiet. Durch Nutzung der Erweiterung „ORS Tools“ im frei verfügbaren Geografischen Informationssystem QGIS kann nun der tatsächlich zurückzulegende Fußweg zu den ÖPNV-Haltestellen berechnet werden. Ähnlich zum Ansatz von Schütt (2018), der die Dauer des zurückzulegenden Fußweges zur nächsten Haltestelle für die Stadt Stuttgart analysiert, wird im vorliegenden Beitrag die Strecke des realen Fußweges berechnet. Im Fokus der Analyse steht dabei der Vergleich zwischen der mittels Luftliniendistanzen sowie der anhand von Fußwegedistanzen bestimmten Erreichbarkeitswerte für die Stadt Düsseldorf. Dazu werden vorrangig frei verfügbare, sogenannte Open Source-Daten aus OpenStreetMap herangezogen. Die Nutzung und Anwendung dieser offenen Daten und freien Software nimmt in jüngster Zeit in der Kommunalplanung immer mehr zu – einen Einblick in die Vorteile dieses Zuganges soll das vorliegende Papier geben¹.

In Abschnitt 2 dieses Beitrages werden die genutzten Datengrundlagen näher erläutert. Anschließend werden in Abschnitt 3 die in der vorliegenden Analyse angewandten methodischen Ansätze dargelegt. So wird u. a. beschrieben, wie die Einzugsbereiche von ÖPNV-Haltestellen anhand des realen Fußweges sowie auf Basis der Luftlinienentfernung errechnet werden. In Abschnitt 4 werden dann die Ergebnisse am Beispiel der Landeshauptstadt Düsseldorf präsentiert. Die ermittelten Versorgungsgrade der Düsseldorfer Bevölkerung werden für die beiden methodischen Ansätze verglichen. Dabei werden Unterschiede herausgestellt und die Vorteile der ermittelten fußläufigen Erreichbarkeit aufgezeigt. Zudem wird kurz eine Anwendungsmöglichkeit der Erreichbarkeitswerte in Kombination mit Pkw-Halterdaten präsentiert. In diesem

Zuge werden mögliche Zusammenhänge des ÖPNV-Versorgungsgrades mit der Pkw-Dichte identifiziert. Der Beitrag endet mit einem kurzen Fazit sowie einem Ausblick auf weitere zukünftige Anwendungsbereiche der hier vorgestellten Daten und Methodik.

Daten

Die Analyse nutzt geocodierte Daten aus OpenStreetMap (OpenStreetMap-Mitwirkende 2020). OpenStreetMap ist ein internationales Projekt, das durch eine aktive Gemeinschaft regelmäßig aktualisiert und erweitert wird und Geodaten frei zur Verfügung stellt. Gegenüber anderen, beispielsweise kommerziellen Datenquellen bietet die OpenStreetMap-Datenbank den Vorteil, dass sie aktuelle und sehr detaillierte Geoinformationen frei zugänglich macht. Insbesondere für urbane Gebiete und Großstädte im europäischen Raum ist eine hohe Daten- und Informationsdichte gegeben (Neis et al. 2013; Plennert 2016).

Im vorliegenden Beitrag werden geocodierte Daten zu den ÖPNV-Haltestellen mittels der jeweiligen „tags“ aus der OpenStreetMap-Datenbank extrahiert. Der Vorteil dieser Datenpunkte ist, dass sie die exakten Standorte der Eingänge und Zustiegspunkte der Haltestellen wiedergeben und somit eine differenzierte Erfassung der Haltepunkte ermöglichen. Andere regionale oder kommunale Datenquellen hingegen bieten zumeist nur eine Ortsangabe je Haltestelle, die eher als Näherungswert des Haltestellenstandortes betrachtet werden kann. Mittels der detaillierten Geoinformationen aus OpenStreetMap ist es dagegen möglich, eine sehr genaue Analyse der Erreichbarkeit von und Fußwegedistanz zu Haltestellen vorzunehmen, da letztlich die jeweiligen Standorte aller Zugangs- und Zustiegspunkte der einzelnen Haltestellen einbezogen werden. Ein weiterer Vorteil der OpenStreetMap-Datenbank ist, dass die daraus bezogenen Daten grenzübergreifend verfügbar sind. Somit können auch geocodierte Haltestellendaten für die das Düsseldorfer Stadtgebiet umgebenden Kommunen einbezogen werden. In der Folge kommt es zu keinen Verzerrungen in der Analyse der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit des ÖPNV am Stadtrand bzw. der Stadtgrenze, wie es oftmals in Analysen der Nahverkehrsplanung aufgrund des Mangels an Daten der Fall ist.³

In einem weiteren Schritt wird mittels der „tags“ in OpenStreetMap die Art der Verkehrsmittel, die die jeweiligen Haltestellen bedienen, ermittelt. Basierend darauf werden Haltestellen identifiziert, die (auch) vom schienengebundenen ÖPNV angefahren werden, um in der vorgenommenen Analyse zwischen diesen und allen öffentlichen Verkehrsmitteln differenzieren zu können.

In der Analyse werden nur Haltestellen betrachtet, die von regelmäßig verkehrenden öffentlichen Verkehrsmitteln bedient werden. Daher sind die Daten um Haltepunkte, die nur temporär bzw. zeitlich eingeschränkt (z. B. im Rahmen bestimmter Veranstaltungen) angefahren werden, bereinigt.

Datengrundlage für die Ermittlung der Fußwegedistanzen bildet das Straßen- und Wegenetz, das ebenfalls aus der OpenStreetMap-Datenbank bezogen wird. Gegenüber kommerziellen oder anderen öffentlichen Datenquellen bieten die

OpenStreetMap-Daten zumeist umfassendere Informationen zur Verkehrsinfrastruktur, insbesondere zu den vielfältigen Fußwegeverbindungen (vgl. auch Neis et al. 2012).

Zur Analyse der Erreichbarkeit und des Versorgungsgrades werden weiterhin geocodierte Daten zu Wohnort und Alter der Einwohner*innen am Hauptwohnsitz aus dem Statistikabzug des Einwohnermelderegisters der Landeshauptstadt Düsseldorf herangezogenen. Stichtag dieses Abzuges ist der 31. Dezember 2019.

Zudem werden Adressdaten zu den Pkw-Halter*innen aus dem Kfz-Zulassungsverfahren der Landeshauptstadt Düsseldorf genutzt. Dabei werden nur Angaben zu den privat angemeldeten Pkw von Halter*innen mit Wohnsitz in der Landeshauptstadt Düsseldorf zum Stichtag 31. Dezember 2019 betrachtet.

Methodik

Die räumlichen Analysen im vorliegenden Beitrag werden mit dem frei verfügbaren Geoinformationssystem QGIS durchgeführt. Den Schwerpunkt der Analyse bildet der Vergleich zwischen der mittels der Luftliniendistanz und der anhand des tatsächlich zurückzulegenden Fußweges ermittelten Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen.

Der tatsächlich zurückzulegende Fußweg zu den ÖPNV-Haltestellen wird mit Hilfe der Erweiterung „ORS Tools“ in QGIS bestimmt. Diese Anwendung greift auf den frei verfügbaren Routen-Service „Openrouteservice“ des Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT) zu. Mittels der Erweiterung werden Flächen bzw. Polygone um die einzelnen Haltestellenpunkte berechnet, innerhalb derer die jeweilige Haltestelle in einer bestimmten Fußwegedistanz erreicht werden kann. Die Grenzlinien dieser Bereiche, die sogenannten Isodistanzen, markieren „Linien gleicher Entfernung“. Die durch diese Isodistanzen beschriebenen Flächen geben an, wie weit der über das Straßen- und Wegenetz zurückzulegende Weg zur nächsten Haltestelle ist. Dabei ist anzumerken, dass alleinige Wege(-verbindungen) betrachtet werden, die in OpenStreetMap als für Fußgänger*innen geeignet bzw. begehbar eingestuft sind.

Die Erreichbarkeit der ÖPNV-Haltestellen basierend auf Luftliniendistanzen wird durch sogenannte „Buffer“ ermittelt. Dies sind kreisförmige Pufferzonen um die jeweiligen Haltestellenpunkte, deren Radius die Luftliniendistanz zu den Haltestellen beschreibt.

Die Isodistanzen und Buffer werden für jede ÖPNV-Haltestelle im Düsseldorfer Stadtgebiet sowie für alle Haltestellen innerhalb einer 1 Kilometer-Pufferzone um das Düsseldorfer Stadtgebiet bestimmt. Die Isodistanz- und Pufferzonen werden dabei für verschiedene Distanzen (150 Meter, 300 Meter, 600 Meter, 1.000 Meter) berechnet⁴. Folglich kann für jeden Punkt im Düsseldorfer Stadtgebiet angegeben werden, in welcher Fußwege- und Luftliniendistanzzone er sich zur nächstgelegenen ÖPNV-Haltestelle befindet.

Die gleichen Berechnungen werden ein weiteres Mal für alle Haltestellen, die (auch) vom schienengebundenen ÖPNV bedient werden, durchgeführt; Haltepunkte, die alleinig von Bussen angefahren werden, werden hier folglich nicht betrach-

tet. In der Analyse kann somit zwischen der Art der Haltestellen differenziert werden und der schienengebundene ÖPNV, der vorrangig Direktverbindungen in andere Stadtteile und Städte bietet, gesondert betrachtet werden.

Zur Beurteilung des Versorgungsgrades der Düsseldorfer Bevölkerung mit dem Angebot des ÖPNV werden in einem nächsten Schritt die mittels der Isodistanzen und Buffer gebildeten Haltestelleneinzugsbereiche für die verschiedenen Distanzen mit den geocodierten Adressdaten der Einwohner*innen verschnitten. Dadurch ist es möglich, den Anteil der Einwohner*innen zu berechnen, die innerhalb einer bestimmten Distanzzone um die nächstgelegene Haltestelle leben.

Abschließend werden als weitere Anwendungsmöglichkeit potentielle Zusammenhänge zwischen der fußläufigen Erreichbarkeit der ÖPNV-Haltestellen und dem Pkw-Eigentum in den Düsseldorfer Stadtteilen betrachtet. Hierzu werden Korrelationskoeffizienten für die jeweiligen Anteile an Einwohner*innen im Alter von 18 Jahren und älter mit einer bestimmten Fußwegedistanz zur nächstgelegenen Haltestelle sowie der Personenwagendichte in den Stadtteilen berechnet. Die Personenwagendichte gibt dabei die Anzahl der privaten Personenkraftwagen je 1.000 Einwohner*innen im Alter von 18 Jahren und älter an. Die Einwohner*innen im Alter von mindestens 18 Jahren fungieren als Proxy-Variable zur Messung der potentiellen Pkw-Halter*innen in einem Stadtteil⁵.

Ergebnisse

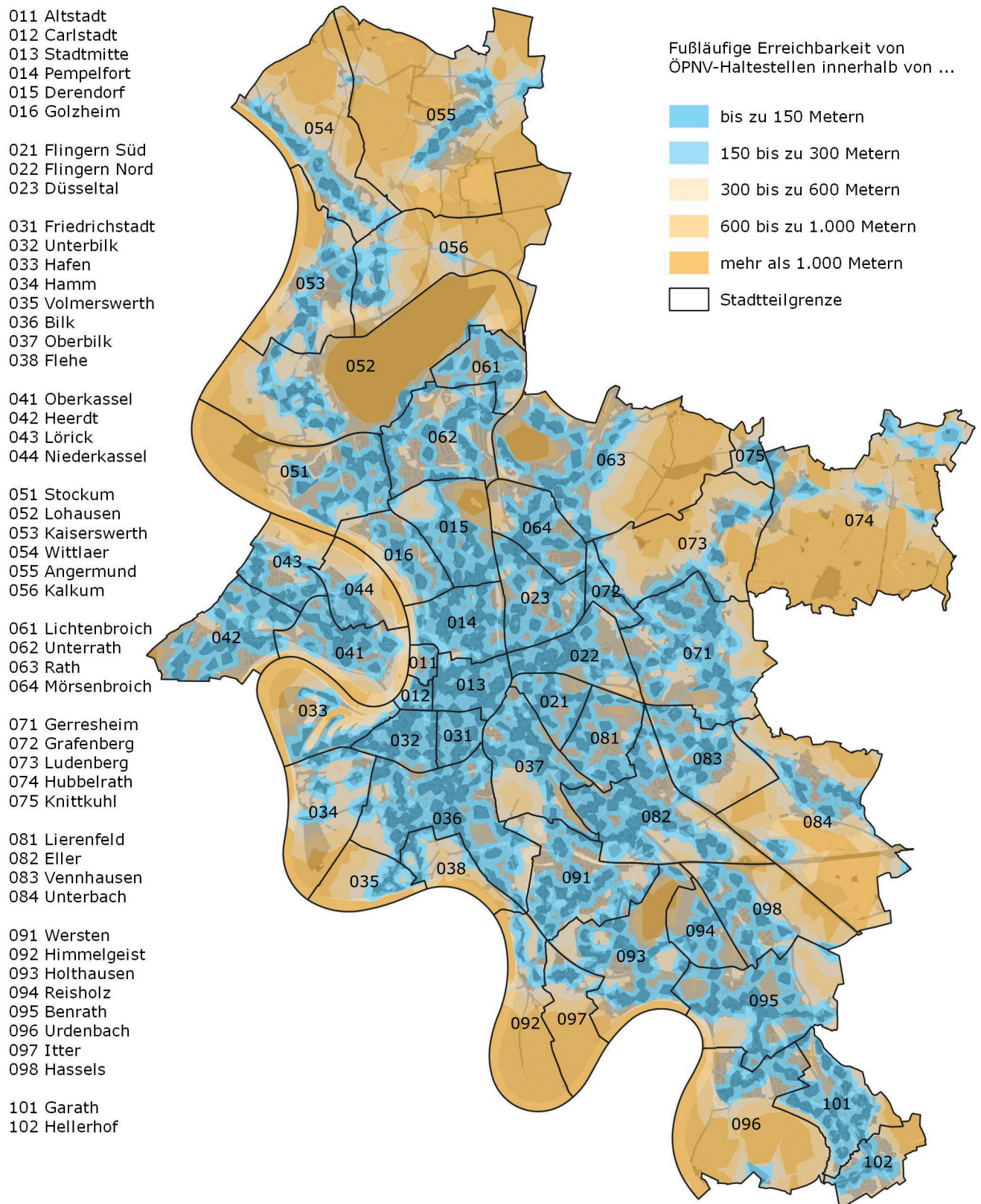
Fußwege- versus Luftliniendistanz

In den Karten 1 bis 4 wird für das gesamte Düsseldorfer Stadtgebiet die Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen abgebildet. Die Karten 1 und 2 zeigen dabei flächendeckend die fußläufige Erreichbarkeit aller ÖPNV-Haltestellen (Karte 1) sowie der ÖPNV-Haltestellen, ohne jene, die alleinig von Bussen angefahren werden (Karte 2). Die Karten 3 und 4 stellen jeweils die Luftliniendistanz zu den Haltestellen für das gesamte Stadtgebiet differenziert nach den Haltepunkten aller regelmäßig verkehrenden öffentlichen Verkehrsmittel sowie des schienengebundenen ÖPNV dar.

Der Vergleich der kartografischen Darstellungen zeigt die deutlich detailliertere Erfassung und Abbildung der Erreichbarkeit mittels der tatsächlich zurückzulegenden Fußwegedistanz auf. So werden mangelnde Wegeverbindungen und Barrierewirkungen, beispielsweise durch die Fläche des Düsseldorfer Flughafens im Stadtteil Lohausen (052), bei den Isodistanzonen zur fußläufigen Erreichbarkeit deutlich; die Pufferzonen der Luftliniendistanz vernachlässigen dies.

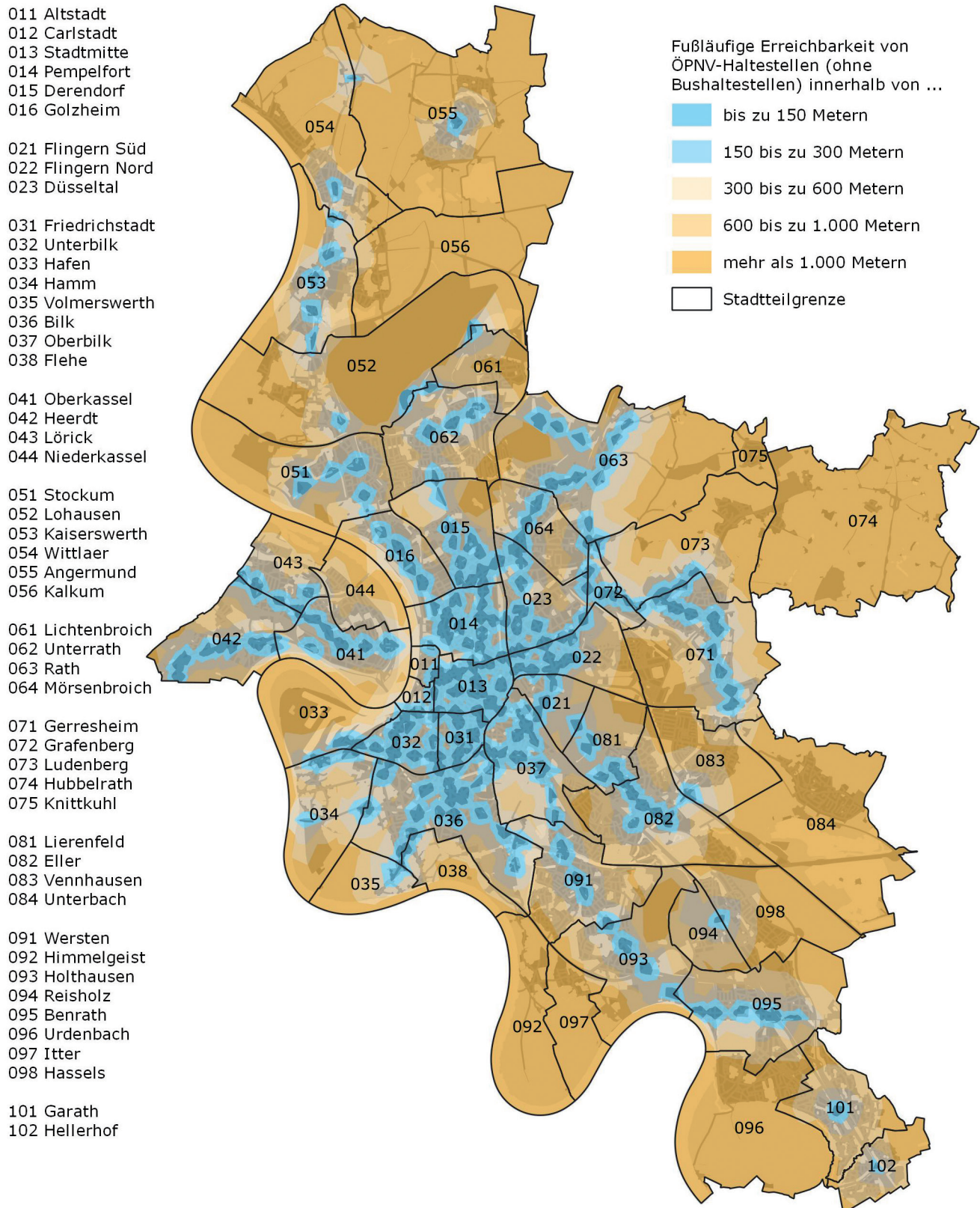
In den Tabellen 1 und 2 sind ergänzend die Anteile der Einwohner*innen in den jeweiligen Isodistanz- und Pufferzonen für die 50 Stadtteile Düsseldorfs aufgeführt. Daraus wird ersichtlich, welcher Anteil an Einwohner*innen in den Stadtteilen eine ÖPNV-Haltestelle in welcher (Fußwege- oder Luftlinien-)Distanz erreichen kann. Die Ergebnisse in den Tabellen verdeutlichen nochmals die Missachtung räumlicher Zäsuren, wie nicht überquerbarer Bahngleise, Autobahnen oder Wasserflächen, in der Ermittlung der Erreichbarkeit basierend auf Luftliniendistanzen. So weichen die Anteile bzw.

Karte 1: Fußläufige Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen (inklusive Bushaltestellen) in den Düsseldorfer Stadtteilen 2019 in Metern



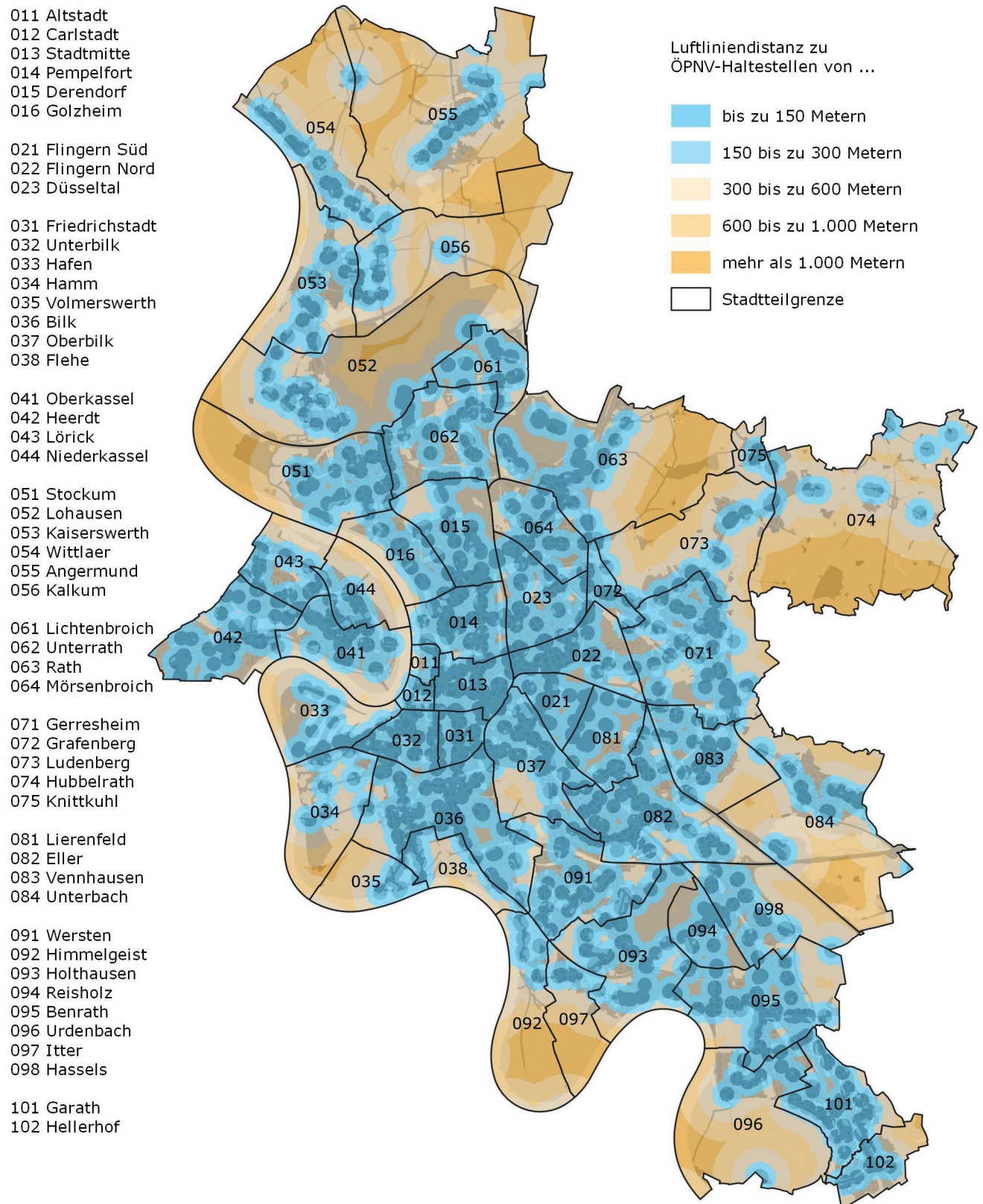
Quelle: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;
Daten- und Kartengrundlagen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;
Stadtplanungsamt; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020; openrouteservice.org

Karte 2: Fußläufige Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen (exklusive Bushaltestellen) in den Düsseldorfer Stadtteilen 2019 in Metern



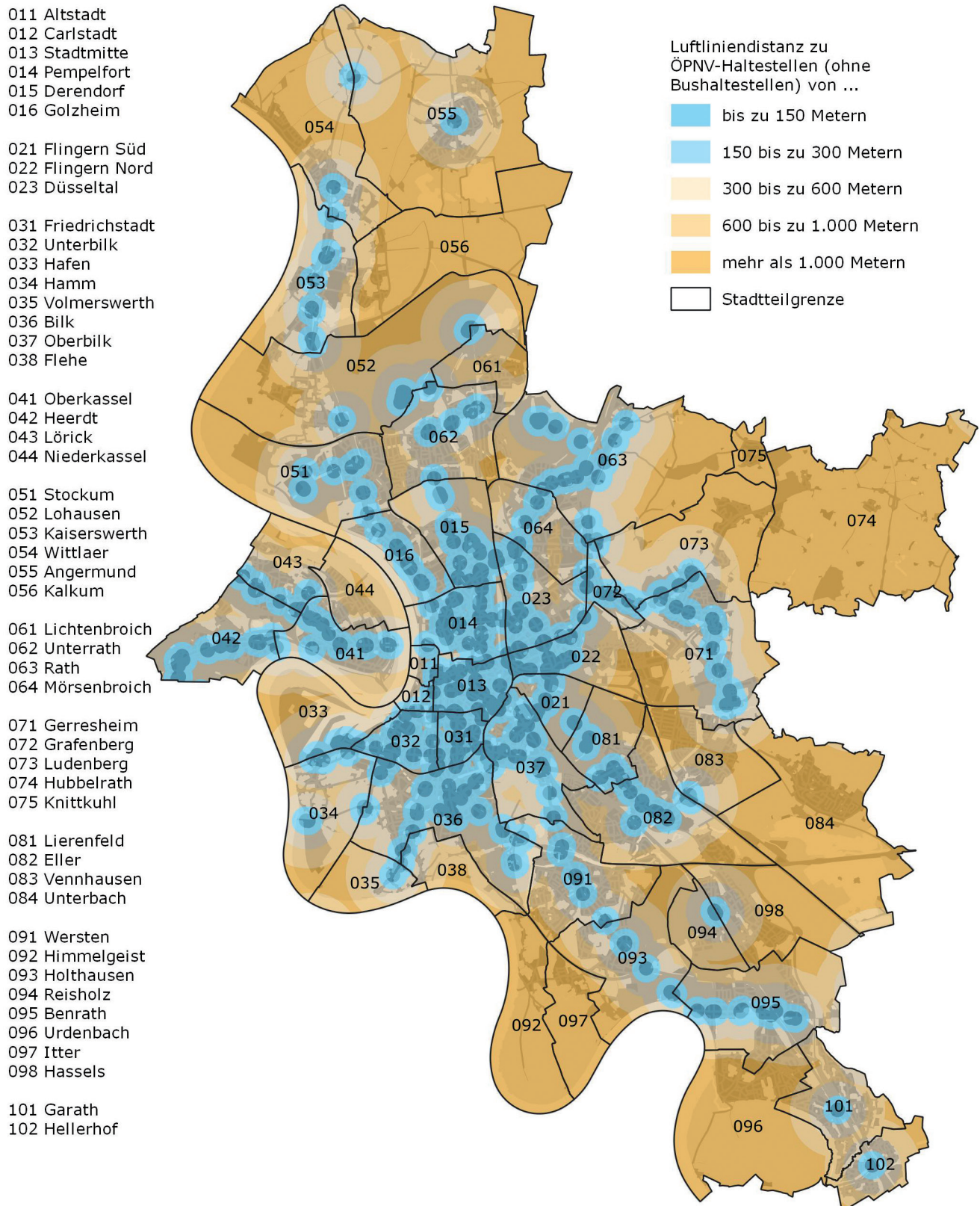
Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;
Daten- und Kartengrundlagen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;
Stadtplanungsamt; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020; openrouteservice.org

Karte 3: Luftliniendistanz zu ÖPNV-Haltestellen (inklusive Bushaltestellen) in den Düsseldorfer Stadtteilen 2019 in Metern



Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;
Daten- und Kartengrundlagen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen; Stadtplanungsamt; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020

Karte 4: Luftliniendistanz zu ÖPNV-Haltestellen (exklusive Bushaltestellen) in den Düsseldorfer Stadtteilen 2019 in Metern



Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen;

Daten- und Kartengrundlagen: Landeshauptstadt Düsseldorf - Amt für Statistik und Wahlen; Stadtplanungsamt; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020

Tabelle 1: Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen (inklusive Bushaltestellen) für die Düsseldorfer Einwohner*innen 2019 nach Stadtteilen in Prozent

Stadtteil		Anteil der Einwohner*innen, die eine ÖPNV-Haltestelle innerhalb von ...									
		150 m		300 m		600 m		1000 m		mehr als 1000 m	
		Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie
		... erreichen können (in %)									
011	Altstadt	27,4	42,9	72,2	88,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
012	Carlstadt	51,6	64,1	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
013	Stadtmitte	55,1	60,5	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
014	Pempelfort	50,3	60,3	92,3	96,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
015	Derendorf	56,1	67,3	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
016	Golzheim	29,0	39,3	78,6	92,4	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
021	Flingern Süd	45,5	63,7	95,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
022	Flingern Nord	59,6	70,2	90,0	94,0	99,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
023	Düsseltal	36,0	46,3	82,9	95,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
031	Friedrichstadt	59,0	76,7	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
032	Unterbilk	59,3	68,7	96,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
033	Hafen	26,8	34,1	69,5	73,2	75,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
034	Hamm	27,4	30,9	64,9	73,8	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
035	Volmerswerth	84,3	87,5	94,8	95,0	97,1	97,1	99,9	100,0	100,0	100,0
036	Bilk	52,6	62,7	90,4	97,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
037	Oberbilk	50,7	63,1	90,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
038	Flehe	77,9	92,4	97,3	97,8	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
041	Oberkassel	40,9	51,7	85,3	95,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
042	Heerdt	45,1	60,9	84,1	93,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
043	Lörick	39,1	46,8	70,0	83,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
044	Niederkassel	47,9	61,7	86,0	93,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
051	Stockum	32,4	50,2	77,9	94,9	99,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0
052	Lohausen	43,7	54,8	85,7	89,4	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
053	Kaiserswerth	27,0	38,2	74,5	86,9	98,8	100,0	99,8	100,0	100,0	100,0
054	Wittlaer	31,6	42,6	76,2	88,4	99,2	99,4	99,7	99,8	100,0	100,0
055	Angermund	25,2	35,1	57,9	72,4	91,7	94,5	98,1	99,5	100,0	100,0
056	Kalkum	54,8	66,0	88,2	96,6	98,5	99,2	99,2	99,7	100,0	100,0
061	Lichtenbroich	37,2	51,5	80,7	89,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
062	Unterrath	32,3	40,6	71,4	86,9	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
063	Rath	42,3	55,0	77,4	90,0	99,0	99,6	99,7	99,8	100,0	100,0
064	Mörsenbroich	33,4	43,6	76,8	91,2	99,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
071	Gerresheim	43,7	52,8	89,6	95,5	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
072	Grafenberg	37,6	49,2	91,2	97,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
073	Ludenberg	33,3	46,5	74,0	81,6	96,7	98,9	99,8	100,0	100,0	100,0
074	Hubbelrath	16,8	18,7	36,5	42,2	65,5	77,8	80,4	88,1	100,0	100,0
075	Knittkuhl	51,6	62,0	88,8	96,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
081	Lierenfeld	39,9	47,6	81,8	88,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
082	Eller	50,4	63,0	90,4	97,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
083	Vennhausen	36,3	50,5	81,6	93,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
084	Unterbach	33,3	41,0	77,4	87,0	98,6	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0
091	Wersten	32,8	41,8	76,9	87,9	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
092	Himmelgeist	27,6	41,5	76,4	88,6	99,8	99,8	99,9	100,0	100,0	100,0
093	Holthausen	38,2	46,4	73,1	85,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
094	Reisholz	48,8	56,3	92,0	98,9	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
095	Benrath	50,6	62,0	92,6	97,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
096	Urdenbach	26,4	37,1	70,3	83,0	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
097	Itter	30,2	43,9	74,3	90,6	99,8	99,8	99,8	100,0	100,0	100,0
098	Hassels	37,8	50,9	84,4	95,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
101	Garath	54,5	68,6	97,4	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
102	Hellerhof	14,7	24,6	54,2	76,0	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Düsseldorf		44,2	55,2	85,4	93,7	99,6	99,8	99,9	100	100	100

Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen, Statistikabzug aus dem Einwohnermelderegister; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020; openrouteservice.org

Tabelle 2: Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen (exklusive Bushaltestellen) für die Düsseldorfer Einwohner*innen 2019 nach Stadtteilen in Prozent

Stadtteil	Anteil der Einwohner*innen, die eine ÖPNV-Haltestelle (ohne Bushaltestellen) innerhalb von ...									
	150 m		300 m		600 m		1000 m		mehr als 1000 m	
	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie	Fußweg	Luftlinie
... erreichen können (in %)										
011 Altstadt	19,0	25,2	54,6	80,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
012 Carlstadt	14,0	28,2	62,2	75,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
013 Stadtmitte	44,1	47,6	98,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
014 Pempelfort	42,2	52,9	87,5	96,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
015 Derendorf	42,3	52,9	82,6	90,3	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
016 Golzheim	13,1	19,1	43,0	64,7	95,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
021 Flingern Süd	16,1	33,5	59,2	74,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
022 Flingern Nord	38,6	47,9	67,8	70,3	78,5	81,4	93,8	99,0	100,0	100,0
023 Düsseldorf	27,3	36,6	70,3	85,2	99,2	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0
031 Friedrichstadt	52,9	71,4	94,6	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
032 Unterbilk	38,9	47,7	83,8	97,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
033 Hafen	3,7	3,7	17,1	23,2	40,2	64,6	63,4	92,7	100,0	100,0
034 Hamm	13,5	13,9	28,9	41,9	69,7	84,7	100,0	100,0	100,0	100,0
035 Volmerswerth	25,5	31,6	58,4	62,7	94,3	95,0	97,1	99,9	100,0	100,0
036 Bilk	27,0	35,4	66,6	77,1	95,3	97,2	100,0	100,0	100,0	100,0
037 Oberbilk	32,3	44,9	74,6	86,4	96,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
038 Flehe	26,7	27,3	41,3	46,4	75,0	90,8	99,5	100,0	100,0	100,0
041 Oberkassel	19,5	27,5	58,6	76,0	97,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
042 Heerdt	28,4	34,6	61,2	66,6	88,8	92,1	100,0	100,0	100,0	100,0
043 Lörick	13,9	16,8	39,6	49,1	91,6	93,6	99,9	100,0	100,0	100,0
044 Niederkassel	0,0	0,0	0,2	3,8	59,6	64,2	99,0	100,0	100,0	100,0
051 Stockum	5,0	16,3	33,9	56,3	88,7	97,0	99,8	100,0	100,0	100,0
052 Lohausen	1,8	3,3	8,2	10,4	27,8	31,4	51,1	65,5	100,0	100,0
053 Kaiserswerth	10,4	22,0	50,2	67,3	85,7	92,5	99,3	100,0	100,0	100,0
054 Wittlaer	3,6	7,8	14,5	28,6	47,4	59,3	74,5	78,4	100,0	100,0
055 Angermund	1,2	3,1	8,0	12,6	32,1	44,3	69,1	93,3	100,0	100,0
056 Kalkum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	28,4	100,0	100,0
061 Lichtenbroich	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	7,6	56,8	86,2	100,0	100,0
062 Unterrath	9,6	16,1	33,8	45,4	70,8	79,5	95,3	96,5	100,0	100,0
063 Rath	21,2	27,0	45,9	54,2	81,0	85,6	92,3	98,8	100,0	100,0
064 Mörsenbroich	14,4	15,6	35,8	45,7	72,6	82,8	99,9	99,9	100,0	100,0
071 Gerresheim	18,0	22,2	50,2	57,2	72,1	80,6	88,5	93,9	100,0	100,0
072 Grafenberg	27,5	37,4	75,9	90,0	98,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
073 Ludenberg	14,2	24,2	37,8	40,4	52,4	55,3	65,1	66,4	100,0	100,0
074 Hubbelrath	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	100,0	100,0
075 Knittkuhl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
081 Lierenfeld	28,4	36,7	58,4	66,4	86,8	91,7	97,7	99,6	100,0	100,0
082 Eller	12,1	17,3	29,5	36,7	53,6	70,6	85,3	91,6	100,0	100,0
083 Vennhausen	0,1	0,1	2,3	4,0	16,8	21,7	59,2	73,5	100,0	100,0
084 Unterbach	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,9	100,0	100,0
091 Wersten	9,9	13,2	26,9	35,3	62,8	71,8	93,4	95,7	100,0	100,0
092 Himmelgeist	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0
093 Holthausen	11,9	12,2	37,9	43,1	80,5	84,3	98,5	99,4	100,0	100,0
094 Reisholz	1,6	2,0	10,1	11,3	59,0	61,7	99,3	100,0	100,0	100,0
095 Benrath	12,4	16,3	35,5	46,5	73,9	81,4	95,2	98,0	100,0	100,0
096 Urdenbach	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	29,5	100,0	100,0
097 Itter	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	100,0	100,0
098 Hassels	0,0	6,0	6,8	15,5	24,8	44,7	78,2	82,7	100,0	100,0
101 Garath	2,1	2,6	6,9	12,2	34,6	56,5	91,7	98,8	100,0	100,0
102 Hellerhof	0,0	0,5	0,1	17,7	31,1	78,7	95,3	100,0	100,0	100,0
Düsseldorf	20,6	27,2	48,7	57,6	74,3	80,1	90,1	92,9	100	100

Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen, Statistikabzug aus dem Einwohnermelderegister; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020; openrouteservice.org

Versorgungsgrade in den Stadtteilen teils erheblich voneinander ab. Insbesondere in den dicht besiedelten Gebieten in der Innenstadt, wie der Altstadt (011), der Carlstadt (012), Pempelfort (014) oder der Friedrichstadt (031), zeigen sich große Unterschiede hinsichtlich des gemessenen Versorgungsgrades der Einwohner*innen mit dem ÖPNV-Angebot. Beispielsweise können 52,9 Prozent der Einwohner*innen der Friedrichstadt eine Haltestelle des schienengebundenen Nahverkehrs innerhalb eines Fußweges von 150 Metern erreichen (vgl. Tabelle 2). Dagegen kann bei Messung der Erreichbarkeit mittels der Luftliniendistanz ein deutlich höherer Anteil von 71,4 Prozent die nächste Haltestelle innerhalb von 150 Metern erreichen.

Fußläufige Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen

Im Allgemeinen ist, orientiert an den Empfehlungen des VDV sowie der FGSV (vgl. Abschnitt 3), die fußläufige Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen für die Düsseldorfer Einwohner*innen als sehr gut zu beurteilen. So können gut 85 Prozent der Düsseldorfer*innen eine ÖPNV-Haltestelle innerhalb von 300 Metern Fußweg erreichen; bei Fokussierung auf die Haltestellen des schienengebundenen Nahverkehrs ist es knapp die Hälfte (48,7 %) aller Einwohner*innen. Nahezu alle (99,6 %) Einwohner*innen Düsseldorfs leben in einer fußläufigen Entfernung von maximal 600 Metern zur nächsten ÖPNV-Haltestelle; eine Haltestelle des schienengebundenen ÖPNV können in dieser Distanz knapp drei Viertel (74,3 %) der Einwohner*innen erreichen. Auch in Stadtteilen mit einer eher geringen Bevölkerungsdichte, wie Angermund (055), Kalkum (056) oder Himmelgeist (092), können fast alle Einwohner*innen zumindest eine Bushaltestelle innerhalb von einem Kilometer erreichen.

ÖPNV-Versorgungsgrad und Pkw-Eigentum

In der Tabelle 3 sind die Korrelationskoeffizienten für die jeweiligen Anteile an Einwohner*innen im Alter von 18 Jahren und älter differenziert nach ihrer Fußwegedistanz zur nächstgelegenen Haltestelle sowie der Personenwagendichte in den

Stadtteilen dargestellt. Anhand dieser Werte können Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem ÖPNV-Versorgungsgrad der Bevölkerung und dem Pkw-Eigentum besteht.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bei der Erreichbarkeit von Haltestellen des schienengebundenen ÖPNV, die vorrangig überörtliche Verbindungen in andere Stadtteile und Städte bieten, hohe Korrelationskoeffizienten bzw. Zusammenhänge mit der Personenwagendichte vorliegen. Die Werte verdeutlichen, dass bei einer „guten“ Versorgung mit bzw. Erreichbarkeit von Haltestellen (bis 300 m Fußweg) die Personenwagendichte in den Stadtteilen geringer ist, als wenn die nächste Haltestelle beispielsweise über einen Kilometer entfernt ist – hier werden (stark) positive Zusammenhänge deutlich. Folglich kann vermutet werden, dass eine gute ÖPNV-Erschließungsqualität zu einer niedrigeren Pkw-Eigentumsquote beiträgt.

Es ist jedoch anzuführen, dass zur umfassenden Beurteilung des Zusammenhanges zwischen der Personenwagendichte und der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen weitere Einflussfaktoren betrachtet und diese z. B. in einer multiplen Regressionsanalyse untersucht werden müssten. So wären u. a. die örtliche Stellplatzverfügbarkeit oder das (Car-)Sharing-Angebot als unabhängige Variablen in eine tiefergehende Analyse einzubeziehen. Zudem ist davon auszugehen, dass in den insbesondere auch von Familien mit einem eher höheren Einkommen bewohnten Stadtteilen am Stadtrand der Anteil der Pkw-Halter*innen allgemein höher ist, als in den vor allem auch von Student*innen bewohnten innerstädtischen bzw. innenstadtnahen Stadtteilen, da Student*innen oftmals über ein studentisches ÖPNV-Ticket verfügen und/oder nicht die nötigen finanziellen Mittel zur Finanzierung eines Pkw aufweisen. Es ist anzunehmen, dass diese und weitere beeinflussende Faktoren die ermittelten Werte der Korrelationskoeffizienten zwischen der Personenwagendichte und der ÖPNV-Versorgung relativieren.

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen und der Personenwagendichte in den Düsseldorfer Stadtteilen 2019

	Anteil der Einwohner*innen im Alter von 18 Jahren und älter im Stadtteil, die eine ÖPNV-Haltestelle innerhalb von ... Fußweg erreichen können.									
	bis zu 150 m	150 bis zu 300 m	300 bis zu 600 m	600 bis zu 1.000 m	mehr als 1.000 m	bis zu 150 m	150 bis zu 300 m	300 bis zu 600 m	600 bis zu 1.000 m	mehr als 1.000 m
	mit Bushaltestellen					ohne Bushaltestellen				
Korrelationskoeffizient ¹⁾										
Personenwagendichte ²⁾	-0,420**	-0,185	0,425**	0,437**	0,412**	-0,717**	-0,696**	-0,201	0,159	0,680**

** : signifikant auf dem Niveau von 0,01 (zweiseitig)

¹⁾ Bravais-Pearson-Korrelation

²⁾ Anzahl der privaten Personenkraftwagen je 1.000 Einwohner*innen im Alter von 18 Jahren und älter

Quellen: Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen, Statistikabzüge aus dem Einwohnermelderegister sowie dem Kfz-Zulassungsverfahren; OpenStreetMap-Mitwirkende 2020; openrouteservice.org

Zusammenfassung und Ausblick

Die im vorliegenden Beitrag angestellte Analyse zeigt die Vorteile und neuen Möglichkeiten auf, die sich durch die Nutzung freier Software und offen zugänglicher Daten für die Kommunalplanung ergeben. Die Anwendung des Openrouteservice und der OpenStreetMap-Daten ermöglicht eine differenzierte und sehr realistische Abbildung der Erreichbarkeit bestimmter Orte, wie im hier vorliegenden Beitrag anhand der Erreichbarkeit von ÖPNV-Haltestellen gezeigt. Tatsächliche räumliche Eigenheiten und lokale Besonderheiten, wie Barrieren durch Bahngleise oder Fließgewässer, können mittels der hier angewandten Methodik in die Entfernungsberechnung einbezogen werden. Die Ergebnisse zeigen die teils deutlichen Diskrepanzen zwischen den basierend auf Luftliniendistanzen sowie auf realen Fußwegen berechneten Versorgungsgraden der Düsseldorfer Bevölkerung auf. Gegenüber der Bestimmung der Erreichbarkeit auf Grundlage von Luftliniendistanzen, die extrem anfällig für Verzerrungen ist, bildet die entlang des Straßen- und Wegenetzes berechnete Fußwegedistanz die tatsächliche Situation deutlich genauer ab.

Es ist jedoch anzuführen, dass in der vorliegenden Analyse bei den zu Vergleichszwecken ermittelten Einzugsbereichen der ÖPNV-Haltestellen basierend auf Luftliniendistanzen kein Umwegfaktor eingerechnet wurde. Um die Luftliniendistanzen den realen Fußwegedistanzen weiter anzunähern (wie es häufig in der Nahverkehrsplanung praktiziert wird), könnte die Verwendung dieses Faktors die sich aus den Tabellen 1 und 2 ergebenden Diskrepanzen zwischen den Berechnungsansätzen zur Erreichbarkeit noch (leicht) verringern.

Zudem ist anzumerken, dass sich die Empfehlungen und Richtwerte des VDV und der FGSV zu den Haltestelleneinzugsbereichen auf Luftliniendistanzen beziehen. Da jedoch der kürzeste entlang des Straßen- und Wegenetzes zurückzulegende Fußweg i. d. R. deutlich länger ist als die Luftlinienentfernung, müssten gegebenenfalls die Distanzempfehlungen zu Haltestelleneinzugsbereichen den hier aufgezeigten neuen Möglichkeiten zur Berechnung realer Fußwegedistanzen angepasst werden.

Die Kombination der frei zugänglichen und sehr detaillierten OpenStreetMap-Daten mit Kommunaldaten bietet vielfältige Anwendungs- und Auswertungsmöglichkeiten. Einige wurden im Rahmen der vorliegenden Analyse durch die Hinzunahme von Registerdaten zu den Einwohner*innen und Pkw-Halter*innen kurz aufgezeigt. In weiteren Analysen könnte die Einbindung von Fahrplandaten die Ergebnisse zur Erschließungsqualität um die der Bedienungsqualität bzw. -häufigkeit von Haltestellen erweitern. Überdies könnten in weiterführenden Untersuchungen die gewonnenen Erkenntnisse mittels der hier genutzten QGIS-Erweiterung weiter ausdifferenziert werden. So könnte beispielsweise, ähnlich dem Ansatz von Schütt (2018), anstatt der Fußwegedistanz, die Fußwegedauer zur nächsten Haltestelle berechnet werden, da letztlich vor allem die benötigte Zeit zur nächsten Haltestelle wesentliches Kriterium für die Attraktivität des ÖPNV darstellt (vgl. auch Abschnitt 1). Weiterhin bietet die „ORS-Tools“-Erweiterung die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln (Pkw, Fahrrad, eBike, zu Fuß, Rollstuhl, ...) zu unterscheiden, sodass aus dem Straßen- und Wegenetz

nur die Straßen und Wege selektiert und in die Analyse einbezogen werden, die auch durch das jeweilige Verkehrsmittel befahren bzw. genutzt werden können. So würden bei Erreichbarkeitsanalysen für Rollstuhlfahrer*innen u. a. Wege mit Treppen aus der Analyse ausgeschlossen und nur barrierefreie Wege betrachtet. Auch könnten die Möglichkeiten zur Berechnung von tatsächlichen Fußwegen zu differenzierteren Erkenntnissen in anderen Bereichen der Kommunalplanung, z. B. der Schulbezirksplanung oder der Identifizierung neuer Nahversorgungsstandorte, beitragen.

- 1 Es ist anzuführen, dass in diesem Beitrag mögliche Anwendungsbereiche nur kurz vorgestellt werden. Mit dem Papier wird keine umfassende Analyse verfolgt. Stattdessen werden einige Anwendungs- und Untersuchungsmöglichkeiten, die sich durch die Nutzung von offenen Daten und frei verfügbarer Software ergeben, präsentiert.
- 2 Den Daten in OpenStreetMap sind Attribute zugewiesen, mittels derer sich die Eigenschaften der einzelnen Elemente bestimmen lassen.
- 3 Zur Überprüfung der Qualität und Genauigkeit der Daten in OpenStreetMap wurden diese mit den kommunalen Geodaten zu den ÖPNV-Haltestellen im Düsseldorfer Stadtgebiet abgeglichen. Der Vergleich verdeutlicht die lückenlose Abbildung des kommunalen ÖPNV-Netzes durch die OpenStreetMap-Daten. Aufgrund der Verortung aller Zugangs- und Zustiegspunkte je Haltestelle sowie der Verfügbarkeit grenzübergreifender Daten bieten die OpenStreetMap-Daten jedoch einen umfassenderen Informationsgrad zur Analyse der Erreichbarkeit im hier vorliegenden Beitrag.
- 4 Die gewählten Distanzen orientieren sich u. a. an den Empfehlungen des Verbandes deutscher Verkehrsunternehmen (VDV 2019) und dem Regelwerk der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV 2010), die Richtwerte für Haltestelleneinzugsbereiche beinhalten. Die Distanz von 150 Metern wird ergänzend hinzugezogen, um die unmittelbare Erreichbarkeit der Haltestellen zu bestimmen, da Düsseldorf als Großstadt bereits allgemein einen eher höheren Erschließungsstandard, vor allem im Innenstadtbereich, aufweist. Grundsätzlich sind die gewählten Distanzen eher exemplarisch zu betrachten, da sich der vorliegende Beitrag vorrangig auf den Vergleich der methodischen Ansätze fokussiert. Im konkreten Fall der Anwendung, beispielsweise in der Nahverkehrsplanung, sind die gewählten Distanzen gegebenenfalls anzupassen und weiter auszudifferenzieren.
- 5 Zur Abgrenzung der potentiellen Pkw-Halter*innen wäre es denkbar, neben der unteren auch eine obere Altersbegrenzung anzuwenden, da sich Hochbetagte aufgrund von Unsicherheit etc. vermutlich häufiger bewusst gegen die Nutzung bzw. Haltung eines Pkw entscheiden als jüngere Personen. Da derzeit jedoch nur geringe Erkenntnisse zum Pkw-Nutzungsverhalten hochbetagter Personen vorliegen (vgl. auch Arend und Finze 2019), wird im vorliegenden Beitrag auf eine Bestimmung und Anwendung dieser oberen Altersbeschränkung verzichtet und bewusst nur die untere Altersgrenze von mindestens 18 Jahren (also das Alter ab dem die Erlangung der Fahrerlaubnis zum unbegleiteten Fahren möglich ist) angewandt.

Literatur

- Arend, Stefan; Finze, Imke (2019): Hochbetagte Autofahrerinnen und Autofahrer in Senioreneinrichtungen. Lebensqualität, Autonomie und belastende Herausforderungen. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 65 (3): 194–198
- Barwisch, Timo; Büsch, Frank; Witzel, Anja (2017): Nahverkehrsplan für die Stadt Mönchengladbach. Abrufbar unter: https://www.moenchengladbach.de/fileadmin/user_upload/FB61/61.40/Nahverkehrsplan_der_Stadt_M%C3%B6nchengladbach.pdf. Zuletzt zugegriffen am 08.06.2020
- Eidam, Herbert; Stein, Dirk M.; Thiemann-Linden, Jörg; Willems, Kirsten (2017): Stadtentwicklung Köln – 3. Nahverkehrsplan. Abrufbar unter: <https://www.stadt-koeln.de/mediaasset/content/pdf66/dritter-nahverkehrsplan-12-2017.pdf>. Zuletzt zugegriffen am 08.06.2020
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.) (2010): Empfehlungen für Planung und Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs: Forschungsprojekt des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS) FA-Nr. 70.837/2009 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Köln: FGSV-Verlag GmbH
- Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Statistik und Wahlen (2017): Allgemeine Befragung der Bürgerinnen und Bürger 2017 – Gesamtergebnisse. Düsseldorf. Abrufbar unter: <https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt12/statistik/stadtforschung/download/Buergerbefragung2017-Gesamtergebnisse.pdf>. Zuletzt zugegriffen am 08.06.2020
- Landeshauptstadt Düsseldorf – Amt für Verkehrsmanagement (2017): Nahverkehrsplan 2017 der Landeshauptstadt Düsseldorf. Abrufbar unter: https://www.duesseldorf.de/fileadmin/Amt66/verkehrsmanagement/pdf/NVP_Endfassung_2017.pdf. Zuletzt zugegriffen am 08.06.2020
- Neis, Pascal; Zielstra, Dennis; Zipf, Alexander (2012): The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007-2011. In: Future Internet 4: 1–21
- Neis, Pascal; Zielstra, Dennis; Zipf, Alexander (2013): Comparison of Volunteered Geographic Information Data Contributions and Community Development for Selected World Regions. In: Future Internet 5: 282–300
- OpenStreetMap-Mitwirkende (2020): OpenStreetMap. Abrufbar unter: <https://www.openstreetmap.org/>. Zuletzt zugegriffen am 03.06.2020
- Plennert, Matthias (2016): Anwendungsreif? Nutzung und Potenzial von digitalen Geodaten für Stadtforschung und Raumbeobachtung am Fallbeispiel OpenStreetMap. In: Stadtforschung und Statistik 29 (1): 27–34
- Schütt, Fabian (2018): Erreichbarkeitsanalyse von Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs in Stuttgart. In: Statistik und Informationsmanagement, Monatsheft 12: 328–332
- VDV (Verband deutscher Verkehrsunternehmen) (2019): Verkehrserschließung, Verkehrsangebot und Netzqualität im ÖPNV. VDV-Schrift 4 Ausgabe 1/2019. Köln